ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2020, № 2

УДК 004.93

Б.М. Плескач
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Україна
вул. Генерала Наумова, 15, Київ, 03164

ПРЕЦЕДЕНТНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТІ

B.M. Pleskach
Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine
15, General Naumov Str., Kyiv, 03164

PRECEDENT SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN ENERGY MANAGEMENT

У статті представлений підхід до побудови системи підтримки прийняття рішень при управлінні енергоспоживанням технологічних систем підприємства. Така система дозоляє підприємству виявляти та своєчасно реагувати на появу прихованих енергетичних втрат, проводити організаційні заходи, спрямовані на енергозбереження, оптимізувати терміни та обсяги проведення ремонтно-відновлювальних робіт. Підхід заснований на моделюванні стаціонарних ділянок енергоспоживання, представлених у формі прецедентів, їх накопиченні та послідуючому аналізі у просторі впливових технологічних параметрів. Крім бази прецедентів, до складу системи входять програмні модулі оцінки та формування профілю прихованих енергетичних втрат, модулі технічного стану, прогнозу та формування прецедентів. Прецедентний аналіз полягає у виділенні подібних прецедентів, формуванні з них функцій ефективного енергоспоживання та розрахунку за їх допомогою втрат енергії. Приховані енергетичні втрати можуть розраховуватись у реальному масштабі часу для усіх технологічних систем підприємства. Це дає змогу побудувати профіль енергетичних втрат підприємства. Перевага такого підходу, у порівнянні з відомими, полягає у тому, що він дозволяє адаптуватись до технологічних систем з різними енергоносіями. У статті наголошується, що методика може працювати за участі енергоменеджера, як з лінійною, так і з нелінійною залежністю споживання енергії від параметрів технологічного процесу. Разом з тим, відзначені обмеження такого підходу. Так, визначення прихованих енергетичних втрат та технічного стану обладнання потребує участі кваліфікованих фахівців підприємства, які повинні бути здатні проаналізувати отримані результати та запропонувати заходи з усунення енергетичних втрат.

Ключові слова: моніторинг, діагностика енергоспоживання, енергетичні втрати, прецедент, технологічна система, енергоспоживання

The article presents an approach to the formation of a decision support system in the management of energy consumption of production technological systems. Such systems allow the company to detect and respond in a timely manner to the appearance of hidden energy losses, to carry out organizational measures aimed at energy saving and to optimize the timing and scope of repair and restoration work. The approach is based on the modeling of stationary sections of energy consumption, presented in the form of precedents, their accumulation and subsequent analysis in the space of influential technological parameters. In addition to the base of precedents, the system includes software modules for assessment and formation of the profile of hidden energy losses, modules of technical condition, forecast and formation of precedents. The analysis of precedents consists in the selection of similar cases of energy consumption, the formation of efficient energy consumption functions and the calculation of energy losses with its help. Hidden energy losses can be calculated in real time for all technological systems of the enterprise. This allows you to build a profile of energy losses of the enterprise. The advantage of this approach in comparison with the known ones is that it allows to adapt to technological systems with different energy sources. The article emphasizes that the method can work with the energy manager with both linear and nonlinear dependence of energy consumption on process parameters. However, the limitations of this approach are noted. Thus, the determination of latent energy losses and technical condition of the equipment requires the participation of qualified specialists of the enterprise, who must be able to analyze the results and propose measures to eliminate energy losses.

Keywords: monitoring, diagnostics of energy consumption, energy losses, precedent, technological system, energy consumption

Вступ

Країни Європейського Союзу приділяють велику увагу питанням підвищення енергетичної ефективності на усіх напрямках використання енергетичних ресурсів. Так Директива ЄС 2018/2002 встановлює для усіх країн Союзу загальну мету підвищення енергетичної ефективності до 2030

року принаймні на 32,5% [1]. У цьому контексті багато індустріальних споживачів енергоресурсів, у тому числі й в Україні, зацікавлені заходами із зменшення енергетичних витрат, тому що вони не тільки зберігають кошти, але й підвищують власну гнучкість споживача в сучасних умовах енергоринку.

Головною рушійною силою підвищення енергетичної ефективності на підприємствах є енергетичний менеджмент, а основним інструментом в його руках є постійний моніторинг за витратами енергетичних ресурсів. Що торкається Системи енергетичного менеджменту, то у 2018 році було опубліковано стандарт ISO 50001 [2], який пропонує модель управління, що впливає на розробку та реалізацію енергетичної політики підприємства, але не визначає конкретних критеріїв ефективності. Стандарт описує кінцеву мету, але не каже як вона може бути досягнута і не дозволяє підприємству чітко зрозуміти свою позицію щодо процесу досягнення цієї остаточної мети. Простого впровадження системи ISO 50001 недостатньо, оскільки все рівно необхідно стежити за показниками споживання з метою раціонального використання енергії. Таким чином, виробниче планування базується, в числі іншого, на ефективній стратегії використання енергії й повинно розглядати моніторинг споживання енергії як ключовий елемент енергетичного менеджменту.

У цих умовах підприємству потрібні програмно-апаратні продукти для супроводжування процесу моніторингу та підтримки прийняття рішень, стосовно підвищення енергоефективності. У даній роботі пропонується програмно-апаратна платформа підтримки прийняття рішень (ППР) при управлінні енергоспоживанням, що базується на прецедентній системі оцінки прихованих енергетичних втрат на стаціонарних ділянках енергоспоживання. Такий підхід має більше переваг, порівняно з іншими підходами, що стосуються управління об'єктами енергоспоживання, незалежно від галузі промислової діяльності.

Постановка проблеми

Однією з перешкод на шляху підвищення ефективності в діяльності системи енергетичного менеджменту є те, що управління використанням енергії не поширюється на конкретну технологічну систему – споживача енергії. Діагностика його енергоефективності проводиться аперіодично, тільки під час проведення енергетичних аудитів. Перспективним підходом до методології енергоменеджменту є впровадження постійно діючого, «розумного» моніторингу енергоефективності технологічних систем, який би дозволяв оперативне реагування на погіршення стану системи й порушення технологічного режиму [3].

Технологічна система об'єднує в єдиний виробничий процес технологічне обладнання, продукти виробництва та виконавців. Кожна з цих ланок може впливати на енергоспоживання та привносити енергетичні втрати. Питоме енергоспоживання технологічної системи E характеризується вектором впливових технологічних параметрів $Y=\{y_1, \ldots, y_к\}$ та сукупністю випадкових неконтрольованих факторів Z, що викликають приховані енергетичні втрати ΔE.

$$E=f(Y, Z)= \varphi(Y)+\Delta E \qquad (1)$$

Робота технологічної системи вважається ефективною при обраній технологічній схемі, якщо енергетичні втрати відсутні або мінімальні. В іншому випадку, робота вважається неефективною.

Приховані енергетичні втрати в технологічній системі можуть бути викликані порушеннями технічного стану обладнання, погіршенням властивостей сировини, помилковими діями персоналу та іншими факторами, які, як правило, не підлягають автоматизованому контролю. Проблема полягає в тому, щоб в режимі реального часу надати енергоменеджеру інформацію про наявність та розміри прихованих енергетичних втрат в кожній технологічній системі підприємства, заміряючи тільки впливові технологічні параметри та пи-

томе енергоспоживання. Тобто, провести функціональну діагностику процесу енергоспоживання технологічної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Різні підходи були розроблені з метою управління та аналізу процесу споживання енергії. Найбільш розповсюдженим з них є впровадження Автоматизованих систем комерційного або технічного обліку енергоресурсів (АСКОЕ або АСТОЕ).

Сучасні АСКОЕ є масштабними системами, які виконують одночасно вимірювання й облік кількості енергії та енергоресурсів різного роду по територіально розподіленим точкам обліку й працюють у реальному часі з подальшим передаванням інформації по ієрархічному рівню. Вони дозволяють енергоменеджерам одержувати розгорнуту картину енергоспоживання й розподілу енергоресурсів всередині підприємства в режимі реального часу, вирішувати завдання з оптимізації енерговитрат та енергопостачання його структурних підрозділів, аж до кожного конкретного споживача [4]. Недоліком таких систем є відсутність спеціалізованого програмного забезпечення для оцінки енергетичних втрат і відсутність можливості заміряти пов’язані з цими втратами технологічні параметри.

Деякі компанії розробляють спеціалізоване програмне забезпечення, яке підтримує системи моніторингу енергоспоживання. Так відоме програмне забезпечення [5], призначене для відстеження витрат енергії, оптимізації роботи та віддаленого управління обладнанням як невеликих будинків, так і великих індустріальних споживачів енергії. У процесі роботи воно об’єднує дані про розподільні мережі підприємства й представляє їх у вигляді зрозумілої інформації через інтуїтивний вебінтерфейс.

Відоме програмне забезпечення [6], яке дозволяє візуалізувати потоки енергії в технологічних процесах, призначати їх відповідним споживачам або центрам витрат та визначати, чому відбулися зміни в енергоспоживанні. Але обидві ці системи не мають можливості оцінювати енергетичні втрати в технологічних системах, що зменшує ефективність управління енергоспоживанням.

Крім того, існують запатентовані підходи та системи управління енергією. Систему енергоменеджменту, що застосовується до великих промислових споживачів, яка пропонує повні знання споживання енергії, що відповідають їх установкам, представлено у патенті [7]. Систему енергоменеджменту, що застосовується до великих промислових споживачів, яку пропонує знання, яке торкається спожитої енергії технологічним обладнанням, представлено у патенті [8]. Обидва ці патенти не передбачають проведення функціональної діагностики ефективності енергоспоживання.

У [9] запропонована система підтримки прийняття рішень енергоменеджером у закладах МОН України. Недоліком системи є те, що вона не може працювати в реальному масштабі часу.

У роботі [10] пропонується метод підтримки процесів енергетичного менеджменту, заснований на побудові віртуального простору досліджуваних енергетичних об'єктів в середовищі моделювання, введення математичних моделей досліджуваних елементів у простір і аналізі їх поведінки. Ефект в цьому випадку досягається за рахунок усебічної оцінки об'єктів з використанням єдиного віртуального середовища, здатного до еволюційного розвитку шляхом виявлення оптимальних реалізацій, передумов їх виникнення, аналізу застосування рішень для аналогічних об'єктів або в суміжних галузях.

Відома автоматизована система енергомоніторингу (АСЕМ) [11], основним завданням якої є вирішення на основі точної та оперативно отримуваної інформації питань контролю, підвищення ефективності споживання та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. АСЕМ являє собою комплекс програмного та технічного забезпечення для дистанційного

обліку споживання паливно-енергетичних ресурсів. Це багаторівнева, ієрархічна система, яка забезпечує автоматизований облік енергоресурсів на основі даних, отриманих безпосередньо від вузлів обліку тепла, електричної енергії, холодної води, а також збір інформації про аварійні сигнали та температуру повітря всередині приміщень. Але всі ці системи не зорієнтовані на пошук енергетичних втрат і не дозволяють оцінювати їх обсяг.

Мета дослідження

Метою дослідження є створення апаратно-програмної платформи для забезпечення підтримки прийняття рішень при оперативному енергетичному моніторингу та функціональному діагностуванні процесів енергоспоживання технологічних систем різного призначення, зорієнтованої на пошук прихованих енергетичних втрат.

Структура платформи ППР

До платформи інтегровано п’ять модулів, асоційованих із процесами діагностування й управління енергоспоживанням, як це представлено на рис. 1.

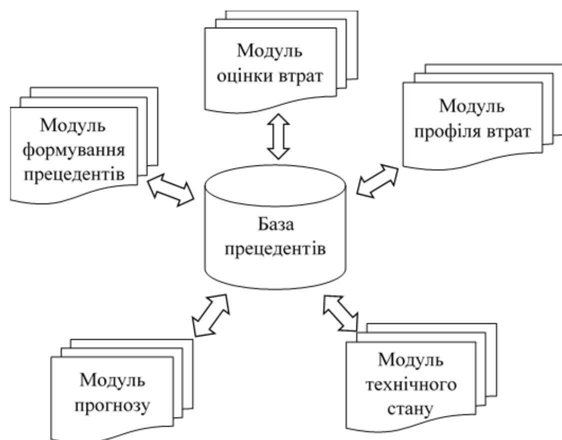


Рис. 1. Структура платформи підтримки прийняття рішень

Платформа призначена для моніторингу робочих параметрів технологічної системи та оцінки на їх основі енергетичного та технічного стану в технологічних системах і має наступні властивості: оцінка прихованих енергетичних втрат у контрольованих технологічних системах; опис профіля прихованих енергетичних втрат підприємства; опис технічного стану обладнання; прогнозування енергетичних втрат.

Платформа дозволяє підприємству виявляти та своєчасно реагувати на приховані енергетичні втрати. За рахунок цього система моніторингу відкриває можливість своєчасно проводити організаційні заходи, спрямовані на зменшення енергетичних втрат, оптимізувати терміни та обсяги проведення ремонтно-відновлювальних робіт. З іншого боку, платформа здатна адаптуватись до технологічних систем з різними енергоносіями. Це спрощує технологічний розвиток підприємства й переведення його на більш сучасне обладнання.

Для оцінювання енергетичного стану й прихованих енергетичних втрат в технологічних системах підприємства в платформі використовуються методи математичного моделювання й штучного інтелекту. У основу цих методів покладено моделювання прецедентів ефективного енергоспоживання технологічної системи. Створено оригінальну модель прецедента стаціонарного енергоспоживання, яка має наступний вигляд:

$$\textbf{\textit{Case}} = \left\langle \begin{matrix} M(Y_1), \ \dots, \ M(Y_n); \\ D(Y_1), \ \dots, \ D(Y_n); \\ r(Y_1), \ \dots, \ r(Y_n); \\ \mathrm{P}, \quad \tau, \quad S \end{matrix} \right\rangle \qquad (1)$$

де: $M(Y_1), \dots, M(Y_n)$ – математичні очікування факторів впливу $Y_1, \dots, Y_n$;

$D(Y_1), \dots, D(Y_n)$ – статистична дисперсія факторів впливу $Y_1, \dots, Y_n$;

$r(Y_1), \dots, r(Y_n)$ – коефіцієнти автокореляції факторів впливу $Y_1, \dots, Y_n$;

P – потужність енергоспоживання за період стаціонарного стану;

τ – часова відмітка стаціонарного стану;

S – ймовірний діагноз технічного стану.

Модуль формування прецедентів призначений для виділення в похідному потоці технологічних параметрів ділянок стаціонарності й формування на їх основі моделей прецедентів стаціонарного енергоспоживання (1).

Модуль оцінки прихованих енергетичних втрат оригінальним способом формує ділянку функції ефективного енергоспоживання й розраховує енергетичні втрати поточного прецеденту.

Модуль формування профіля інтегрує розраховані енергетичні втрати для кожної контрольованої технологічної системи й представляє їх енергоменеджеру у зручному графічному вигляді.

Модуль оцінки технічного стану порівнює статистичні характеристики прецедентів стаціонарного енергоспоживання з моделями прецедентів з несправностями.

Модуль прогнозу й планування заснований на технологіях аналізу великих баз даних.

База даних платформи

База даних платформи складається з трьох взаємопов'язаних частин. У першій утримуються окремо по кожній контрольованій технологічній системі файли з усіма зареєстрованими прецедентами стаціонарного енергоспоживання. У другій утримуються також по кожній контрольованій технологічній системі файли з прецедентами тільки ефективного енергоспоживання. У третій – прецеденти стаціонарної роботи обладнання з несправностями, які траплялись в минулому.

Для прискорення пошуку даних у базі прецедентів застосовано оригінальний метод кластеризації, при якому вважається, що всі прецеденти розташовані в евклідовому просторі факторів впливу $\{Y_1, \ldots, Y_n\}$. Вважаємо, що простір факторів впливу має нульовий прецедент Case0 з нульовими значеннями факторів впливу. Відстань від нульового прецеденту до будь-якого іншого прецеденту визначається залежністю:

$$d(\text{Case0},\text{Casej}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(M\left(Y_{ji}\right)\right)^2}$$

Кожен з кластерів характеризується початковим радіусом R_i і глибиною існування ΔR. Початковий радіус кластера – це відстань між нульовим прецедентом Case0 та ближньою до нього межею кластера (рис. 2).

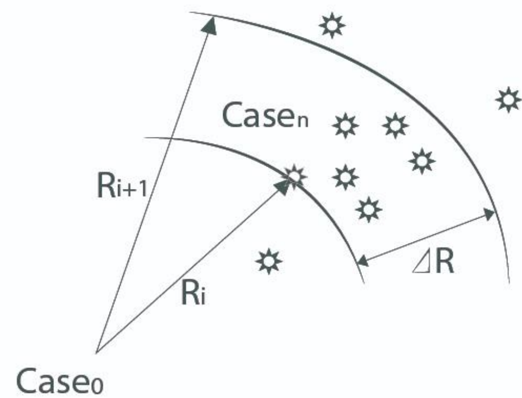


Рис. 2. Схема кластера з радіусом R_i і глибиною існування ΔR.

$$R_i = d_{min}(\text{Case0},\text{Casei}).$$

Область існування кластера – це множина прецедентів Casej (позначені зірочками на рис. 2), які задовольняють умові

$$R_i \leq d(\text{Case0},\text{Casej},) < R_i + \Delta R.$$

Алгоритм кластеризації – це функція a: Casej → n, яка будь-якому прецеденту ставить у відповідність ідентифікатор кластера n € N, при цьому множина N заздалегідь невідома. У якості ідентифікатора n кластера доцільно використовувати його радіус.

Модуль формування прецедентів

При контролі енергоспоживання вважаємо, що оцінювати й порівнювати енергетичні втрати можна тільки на ділянках стаціонарного енергоспоживання. Взаємонезалежні технологічні параметри, які впливають на потужність енергоспоживання, називаються впливовими технологічними параметрами або факторами впливу. Енергоспоживання вважається стаціонарним, коли числові ряди похідних впливових технологічних параметрів відповідають умовам стаціонарності [12]. Для виділених стаціонарних ділянок числових рядів технологічних параметрів у модулі формування прецедентів розраховуються статистичні характеристики – математичні очікування, дисперсії та коефіцієнти автокореля-

ції. З отриманих даних формується модель прецеденту (1) [13].

Модуль оцінки прихованих енергетичних втрат

Приховані втрати ΔE в технологічній системі залежать від режиму її роботи Y та сукупності неконтрольованих факторів Z, що викликають приховані енергетичні втрати ΔE. До таких факторів відносяться несправності в обладнанні, помилкові дії обслуговуючого персоналу, неякісна сировина й таке інше:

$$E=f(Y, Z)= \varphi(Y)+\Delta E.$$

У модулі оцінки енергетичних втрат кожний раз при появі нового прецеденту, для нього проводиться розрахунок ефективного значення питомого енергоспоживання. Для цього в евклідовому просторі факторів впливу контрольованої технологічної системи розшукуються найближчі сусіди до отриманого прецеденту серед прецедентів ефективного енергоспоживання, накопичених в базі даних. По даним найближчих сусідів методами регресійного аналізу для нього розраховується значення ефективного енергоспоживання. Воно вважається ефективним через те, що це найменше значення серед досягнутих на практиці при тих самих значеннях факторів впливу. В подальшому, енергоспоживання нового прецеденту E_i порівнюється з ефективним $min\ E_i$. Різниця між енергоспоживанням нового прецеденту й ефективним енергоспоживанням розглядається як приховані енергетичні втрати:

$$\Delta E = E_i - min\ E_i$$

Якщо прецедент визнано ефективним, він зберігається в базі ефективних прецедентів. У протилежному випадку він передається до модуля визначення технічного стану для подальшої обробки.

Модуль формування профіля енергетичних втрат підприємства

Прийняття рішень по управлінню енергоспоживанням передбачає отримання інформації про появу прихованих енергетичних втрат в усіх технологічних системах підприємства. Систематизовану інформацію про енергетичні витрати та енергетичні втрати в їх складі по підприємству називаємо профілем енергетичних втрат. Роль модуля, який надає таку інформацію в зручному графічному вигляді, виконує модуль формування профіля енергетичних втрат підприємства. Він збирає дані з усіх зафіксованих прецедентів, пов'язаних з певним часовим діапазоном, розраховує по ним енергетичні втрати й надає їх в якості підтримки особі, яка приймає рішення по управлінню енергоспоживанням.

Модуль визначення технічного стану

Поява в технологічній системі неконтрольованих факторів впливу Z призводить до зміни образу прецеденту ефективного енергоспоживання й він вважається неефективним. При надходженні такого прецеденту до модуля визначення технічного стану, особа, що приймає рішення, отримує повідомлення з пропозицією визначити, або підтвердити поточний технічний стан технологічної системи. Після цього прецедент разом з описом технічного стану, наданого приймаючим рішення, зберігається в базі прецедентів з несправностями.

Модуль прогнозу

Прогноз за допомогою прецедентів стаціонарного енергоспоживання ґрунтується на даних про фактичне споживання різних видів енергії в минулому й будується за допомогою оптимальних математичних алгоритмів. Прогноз може бути скоректований за допомогою значень прихованих втрат енергії, особливостей поточного навантаження підприємства й таке інше.

Висновки

Підтримка підприємств у впровадженні заходів з підвищення енергоефективності має важливе значення для їх економічного зростання. Багато підприємств висловлюють зацікавленість у заходах щодо зменшення споживання енергії, оскільки це є інструментом економії грошей та ресурсів. Таке бажання можливо реалізува-

ти за допомогою програмно-апаратних засобів для моніторингу енергоспоживання та оцінки прихованих енергетичних втрат.

У цьому документі представлено бачення управління енергоспоживанням, інтегроване в платформу підтримки прийняття рішень, що приносить технічні та економічні вигоди від підвищення енергоефективності. Запропонована платформа має п'ять модулів, які використовують методи штучного інтелекту (методи аналізу прецедентів, навчання з вчителем, кластеризації баз даних), які дають суттєві переваги, порівняно з іншими подібними підходами. Модуль формування прецедентів стаціонарного енергоспоживання базується на методах видобутку даних, що виділяють технічні деталі щодо споживання енергії та впливових технологічних параметрів. Модуль оцінки енергетичних втрат в технологічних системах використовує міркування на основі прецедентів енергоспоживання, заснованих на методах кластеризації даних та пошуку найближчих сусідів до обраного прецедента з їх подальшою статистичною обробкою. Модулі формування профіля енергетичних втрат підприємства та аналізу технічного стану використовують методи обробки великих баз даних. Модуль прогнозування ґрунтується на застосуванні алгоритмів оптимального прогнозування, застосованих до хронології прецедентів стаціонарного енергоспоживання.

При впровадженні платформи слід враховувати деякі обмеження. Перше стосується модуля визначення технічного стану, який потребує участі кваліфікованого спеціаліста, який повинен добре знати технологічні процеси, режими роботи, характеристики кожної технологічної системи та можливі несправності, які здатні викликати збільшення енергетичних витрат. Другий пов'язаний з модулем оцінки прихованих енергетичних втрат, де той самий кваліфікований штат повинен аналізувати дані про отримані енергетичні втрати та знаходити причини їх вияву. Однак, ці недоліки й обмеження можуть бути мінімізовані кваліфікованим персоналом, який може забезпечити ефективне управління споживанням енергії підприємства.

Література

1. Pineaudit. SMES and the EU Directive 27/2012 on Energy Efficiency. Режим доступу : http://pineaudit.eu/ro/stiri-si-evenimente/direttiva.aspx
2. International Organization for Standardization, ISO 50001. Energy Management. Режим доступу : https://www.iso.org/standard/69426.html
3. Праховник А.В., Закладний О.М., Закладний О.О. Функціональне діагностування енергоефективності електромеханічних систем з асинхронними двигунами. *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. - 2011. - № 3. - С. 375-376. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/etks_2011_3_129 .
4. Коцар.О.В. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням [електронне видання] / Навч. посібн. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, — Дніпро: Середняк Т.К., 2017, — 44 с. Режим доступу: http://tcem.iee.kpi.ua/files/%D0%9A%D0%BE%D1%86%D0%B0%D1%80%20%D0%9E.%D0%92.%20%D0%90%D0%A1%D0%9A%D0%9E%D0%95.pdf
5. Schneider Electric. EcoStruxure™ Power Monitoring Expert. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.se.com/ua/ru/product-range-presentation/61280-ecostruxure%E2%84%A2-power-monitoring-expert-8 .
6. Siemens. SIMATIC Energy Management. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/energymanagement/simatic-energy-manager-pro.html
7. Woolard, J. Fong, D. Dell'Era, P., Gipson, K. Energy Management System and Method, Brevet US 6178362 B1. Режим доступу: https://patents.google.com/patent/US6178362B1/en
8. Miller, C.H. Optimized Energy Management System, Brevet US 7274975 B2. Режим доступу: http://www.google.com/patents/US7274975
9. Козлов В.Д., Тихонов В.В., Соколова Н.П., Захарченко Ю.А., Структура системи підтримки прийняття рішень для управління системою енергоменеджменту МОН України / *III Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'16»* С. 78-79.
10. Выголова Е.А., Елтышев Д.К., Хорошев Н.И. Метод интеллектуальной поддержки процессов энергетического менеджмента [Електронний

ресурс] Режим доступу: https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35787
11. Автоматизована система енергомоніторингу [Електронний ресурс] Режим доступу: https://asem.com.ua/
12. Плескач Б.Н. Застосування методу моделювання прецедентів для моніторингу енергетичного стану технологічного обладнання/ *«Електронне моделювання»* - 2018 – Т.40 - №4 – С. 95-106.
13. Плескач Б.М., Богданов О.М., Інформаційна технологія моніторингу ефективності енергоспоживання технологічних систем / *Штучний інтелект.-2019,- №1-2,- С.60-69.* Режим доступу: http://www.ipai.net.ua .

References

1. Pineaudit. SMES and the EU Directive 27/2012 on Energy Efficiency. Access mode: http://pineaudit.eu/ro/stiri-si-evenimente/direttiva.aspx
2. International Organization for Standardization, ISO 50001. Energy Management. Access mode : https://www.iso.org/standard/69426.html
3. Prahovnik A.V., Zakladny O.M., Zakladny O.O. Functional diagnostics of energy efficiency of electro-mechanical systems with asynchronous motors. / Electrotechnical and computer systems. - 2011. - No. 3. - S. 375-376. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/etks_2011_3_129 .
4. Kotsar O.V. Automated systems for control, area and management of power supply units [electronic view] / Navch. posibn. - K.: KPI im. Igor Sikorskogo, - Dnipro: Serednyak T.K., 2017, - 44 p. Access mode: http://tcem.iee.kpi.ua/files/%D0%9A%D0%BE%D1%86%D0%B0%D1%80%20%D0%9E.%D0%92.% 20% D0% 90% D0% A1% D0% 9A% D0% 9E% D0% 95.pdf
5. Schneider Electric. EcoStruxure ™ Power Monitoring Expert. [Electronic resource] Access mode: https://www.se.com/ua/ru/product-range-presentation/61280-ecostruxure%E2%84%A2-power-monitoring-expert-8 .
6. Siemens. SIMATIC Energy Management. [Electronic resource] Access mode: https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/energymanagement/simatic-energy-manager-pro.html
7. Woolard, J .Fong, D .Dell'Era, P. Gipson, K. Energy Management System and Method, Brevet US 6178362 B1. Access mode: https://patents.google.com/patent/US6178362B1/en
8. Miller, C.H. Optimized Energy Management System, Brevet US 7274975 B2. Access mode: http://www.google.com/patents/US7274975
9. Kozlov V.D., Tikhonov V.V., Sokolova N.P., Zakharchenko Yu.A., The structure of the system and the reception of solutions for managing the energy management system of the Ministry of Education and Science of Ukraine / III International scientific-technical and initial-methodical conference "Energy management: the standpoint of development prospects - PEMS'16" pp. 78-79.
10. Vygolova E.A., Eltyshev D.K., Khoroshev N.I. Method of intellectual support of energy management processes [Electronic resource] Access mode: https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35787
11. The system for energy monitoring has been automated [Electronic resource] Access mode: https://asem.com.ua/
12. Pleskach B.N. Zasosuvannya method of modeling precedents for monitoring the energy-intensive technological ownership of the country / "Elektronne modellyuvannya" - 2018 - T.40 - №4 - P. 95-106.
13. Pleskach B.M., Bogdanov O.M, Information technology for monitoring the efficiency of energy management of technological systems. Piece Intellect. -2019, - No. 1-2, - P. 60-69. Access mode: http://www.ipai.net.ua.

Надійшла до редакції 27.01.2020